

金沙江干暖河谷不同土地利用条件下土壤抗冲性研究

周维^{1,2}, 张建辉¹, 李勇³, 葛方龙^{1,2}, 罗英¹, 范建容¹

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100013)

摘要: 采用原状土冲刷法对金沙江干暖河谷冲沟侵蚀区 4 种不同土地利用条件下的土壤进行抗冲性试验研究。结果指出, 不论何种土地利用类型表层土壤的抗冲性随时间增长而增强, 其关系可以用幂函数得到较好的拟合; 土壤抗冲性强弱表现为荒草地稳定沟 > 荒草地活动沟 > 耕地 > 裸地活动沟, 这 4 者的土壤抗冲性指标均值比为 1.0:1.4:3.0:21.5(荒草地稳定沟:荒草地活动沟:耕地:裸地活动沟)。这 4 种土地利用类型的亚表层土壤的抗冲性也有相同的趋势。研究表明, 植物根系有明显的减沙效应, 根系密度与根量是土壤抗冲能力的 2 个重要的生物指标。土壤有机质、>0.25 mm 水稳性团聚体, 尤其是粗粒径(3~5 mm, 5~10 mm, >10 mm)的水稳性团聚体的增加有利于提高土壤的抗冲性。

关键词: 金沙江流域; 土壤抗冲性; 土地利用

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)05-0026-05

中图分类号: S157.1

Soil Anti-scourability under Different Land Uses in Dry-Warm Valleys of the Jinshajiang River Basin

ZHOU Wei^{1,2}, ZHANG Jian-hui¹, LI Yong³, GE Fang-long^{1,2}, LUO Ying¹, FAN Jian-rong¹

(1. Institute of Mountain Hazards & Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, Sichuan Province, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Institute of Agricultural Environment & Development, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100013, China)

Abstract: Soil anti-scourability for four different land uses in the Dry-Warm Valleys of the Jinsha River Basin was studied by the flume experiment. The anti-scourability of surface soil increased with time, and the relationships for the land uses can be fitted by power function. The anti-scourability followed the order of stable gully > active gully > cultivated land > bare land. The ratio of the mean values of soil anti-scourability was 1.0:1.4:3.0:21.5 for stable gully, active gully, cultivated land and bare land, respectively. The same relationships held for subsurface soil in the period of the first 5 minute infiltration. Grass roots play an effective role in increasing soil anti-scourability. Soil anti-scouring ability is closely related to soil organic matter, and the content of >0.25 mm water-stable aggregate size fractions (especially of 3~5 mm, 5~10 mm, >10 mm).

Keywords: Jinsha River Basin; anti-scourability; land use

冲沟侵蚀是长江上游泥沙的主要来源, 是该流域环境退化的直接动力。长江上游侵蚀冲沟大部分为数百年来谷坡植被破坏后逐渐形成, 治理前多处于幼年期。河床下切, 沟头溯源侵蚀强烈, 两岸沟坡不稳, 常有滑坡、崩塌发生^[1-2]。长江上游冲沟侵蚀的研究主要集中在金沙江干热河谷上^[2-6], 对干暖河谷的研究较少。陈国阶指出长江上游地貌条件, 特别是产生坡面(尤其是陡坡)过程的山地、丘陵^[6], 为侵蚀的产生创造动力; 而地表植被覆盖稀疏, 又为土壤侵蚀提供有利条件。植被情况是决定侵蚀发生程度的重要条件, 裸露的地表易于风化, 并直接接受降雨冲

击, 加剧土壤侵蚀^[7-8]; 降雨是决定侵蚀强度的重要外力, 暴雨往往引发滑坡、泥石流等灾害, 并大大加剧侵蚀程度和携带泥沙入江。李勇^[9]等对长江上游干暖河谷冲沟的发生演变表明, 特大暴雨对冲沟系统的发展具有重要的推动作用。

近年来, 对冲沟侵蚀机理的研究受到广泛的关注。土壤抗冲性研究是土壤侵蚀机理研究的一个重要方面。土壤抗冲性是指土壤抵抗径流对其机械破坏和推动下移的性能。影响抗冲性的主要因素是地形部位和土地利用情况。朱显谟院士是我国土壤抗冲性研究的开拓者, 早在 20 世纪 60 年代即开展了不

同土地利用方式下土壤抗冲性研究,并发现植物根系对增强土壤抗冲性具有重大作用。此后也有较多的研究报道了黄土高原不同土地利用条件对土壤抗冲性的影响^[10-16]。李勇等人从在植物根系与土壤的关系的角度研究了土壤抗冲性的机理做了许多细致的工作^[17]。张建辉^[18-19],杨文元等人研究了四川丘陵区土壤抗冲性机理^[20]。但在金沙江干暖河谷地带土地利用条件对土壤抗冲性的影响的研究尚未见报道。该区地质地貌类型多样,流域范围内有深切河曲、U型谷、高原夷平面等地质地貌,海拔高差大。气候的总体特征是河谷干暖,山地冷湿,光照丰富,降水量少。因此,研究该区域土壤抗冲性,对于进一步揭示不同土地利用下土壤侵蚀规律,探明不同地貌气候特征下的侵蚀机理十分必要。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于金沙江干暖河谷,四川省西昌县礼州镇(102°10'E, 28°6'N),距离西昌县城北23 km处。地貌为山地,海拔1500 m以上,年均气温17℃,年降水量1000 mm,但降雨的分配极不合理,93%的降雨集中在6—10月。土地利用类型主要为以扭黄茅(*Heteropogon contortus*)为主的荒草地,覆盖度90%以上,其间有零星的桉树和油桉分布,以麦(*Triticum aestivum* L.)—玉(*Zea mays* L.)—苕(*Lpomoea batatus* Lam)为主的耕地以及裸地。土壤母质为新生界第四系的河谷冲积土层,土层深厚。就耕地而言,耕作层较浅,多在15 cm以下;有机质来源丰富,植被覆盖的土壤有机质积累较多,多数集中在2%~3%;但耕地土壤有机质积累少,一般在2%以下。

1.2 研究方法

1.2.1 野外试验 在研究区沿山坡选择了4个观测区:包括3条冲沟和1个耕地对照,其中2条有植被覆盖,覆盖度90%以上,主要是扭黄茅,有零星的桉树分布。第1条是有植被覆盖的沟头稳定冲沟;第2条是有植被覆盖的活动沟;第3条沟是有零星植被覆盖(5%以内)的裸地冲沟;此外,还选取了没有发生侵蚀的耕地作为参照。

对于有植被覆盖的2个观测区,采用收获法测定植物地上部分,随机抽样测量植株高度;还采集了根系样品(取根系富集的表土层的样品)以分析根系对土壤抗冲性的影响。分表层(0—20 cm)和亚表层(20—40 cm)采集冲刷土壤样品,每层土壤3次重复。同时采集土壤水稳性团聚体含量、容重、有机质含量、机械组成的分析土样。

1.2.2 室内分析试验 为了考查植被对土壤抵抗径流冲刷的作用,采样时保持地表的植被覆盖,以大型冲刷槽采样器(40 cm×10 cm×10 cm)采集表层原装土。土样采集于上述4个研究观测区的冲沟沟头位置,包括荒草地(稳定沟与活动沟)、耕地和裸地3种类型。原装土样预先浸润12 h以上至完全饱和然后置于冲刷槽装置(图1)内待用。土样和供水室之间的径流通道利用粗砂覆盖以增大粗糙程度,模拟野外地表状况。

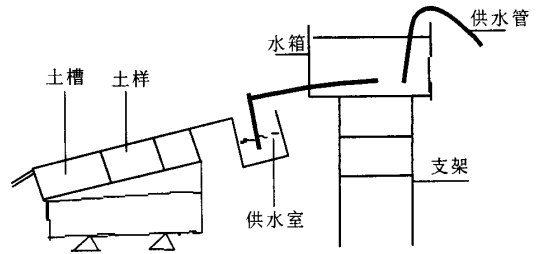


图1 冲刷试验装置

冲刷槽坡度设置为研究区具有代表性的坡度,即25°,同类样品重复试验3次。按研究区暴雨雨强2.5 mm/min在标准径流小区(20 m×5 m)内产生的最大径流量计算单宽流量作为冲刷流量,从开始产流计时,以1, 3, 5, 10, 15, 20 min的时间点收集冲刷泥沙样,冲刷历时共20 min。加明矾澄清收集的泥沙样品,滤除清水并将样品在电砂浴下加热蒸干水分,并在105℃下烘干称重,以此计算不同时间段的土壤冲刷量。土壤冲刷量以单位径流深所产生的土壤侵蚀量表示[即g/(m²·mm)]。土壤水稳性团聚体含量、容重、有机质含量、机械组成等均采用常规法测定^[21]。土壤抗冲性随时间的变化关系用几种可能的函数拟合,根据拟合度大小选定最优拟合方程。

对于根系,则以根系密度 R_d (根/100cm²)和根量 R_w (g/100cm³)2个指标来判别根系对土壤抗冲性的影响。取根系分布密集的表土层(0—20 mm)体积为10000 cm³的土壤样方内的根系进行分析,每一土地利用类型2次重复。

2 结果与讨论

2.1 土壤抗冲性随时间的变化

研究土壤抗冲性的方法迄今为止尚不统一,因此其评价指标也不相同^[9]。本文采用的是单位径流所产生的土壤侵蚀量来作为土壤抗冲性的评价指标,其值越大,抗冲性能越小。这一指标反映了降雨强度的作用,相对于其它指标,更显其合理性,与国内外普遍采用的评价土壤侵蚀的指标类似。

2.1.1 表层土壤抗冲性 表层土壤的抗冲性随时间增长而增强,其关系可以用幂函数得到较好的拟合(表 1),并且这种关系在 4 种土地利用条件下都表现的非常明显(图 2)。除裸地以外,其它三者间的土壤抗冲性未表现出明显的差异性。以土壤抗冲性指标 $[g/(m^2 \cdot mm)]$ 平均值来看,表层土壤抗冲性强弱表现为荒草地稳定沟(21.26) > 荒草地活动沟(30.00)

> 耕地活动沟(62.87) > 裸地(457.71), 四者的均值比值为 1.0:1.4:3.0:21.5(荒草地稳定沟:荒草地活动沟:耕地:裸地活动沟)。

耕地虽然土壤抗冲性较弱,但在野外未形成冲沟,这是因为耕地上汇流冲刷形成的细沟,由于耕作位移的作用而不断填充^[22-23],阻止了向切沟、大型冲沟的发展。

表 1 表层土壤冲刷量与冲刷时间的回归方程

项目	荒草地活动沟	荒草地稳定沟	裸地活动沟	耕地
回归方程	$Y = 94.081t - 0.855$	$Y = 69.098t - 0.8961$	$Y = 2584.4t - 1.8676$	$Y = 149.52t - 0.6124$
R^2	0.9195	0.7609	0.9559	0.9597

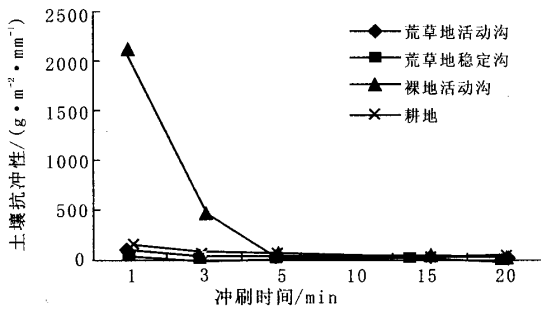


图 2 表层土壤抗冲性随冲刷时间的变化

2.1.2 亚表层土壤抗冲性 亚表层土壤的抗冲性与表层土壤有所不同(图 3),在前 5 min 内,随冲刷时间的增长而增强,并且同样可以用幂函数得到较好的拟合(表 2),甚至优于表层土壤。这也符合观测区常发生的短历时暴雨情况。主要的侵蚀量源于开始的 5 min 时间段内。在 5 min 以后,冲刷量有一定波动,但是变幅不大,也符合时间越长,抗冲性越强的规律。从亚表层土壤的抗冲性来看,荒草地活动沟强于荒草

地稳定沟,这与表层土壤的抗冲性并不一致。结合本研究区的降雨季节分配和观测区所处的地貌大环境分析可以看出,在雨季时,该区常发生短历时的暴雨,稳定沟观测区土壤入渗性较好(5 min 时段内累计入渗量为 41 mm),降雨可以更多地就地入渗,因此沟头产生的地表径流较少,不易在沟头产生超越表土层的垂直对亚表层的冲刷;而对活动沟而言,土壤入渗性较差(5 min 时段内累计入渗量为 31 mm),因此在沟头形成对亚表层土壤的垂直向下冲刷。

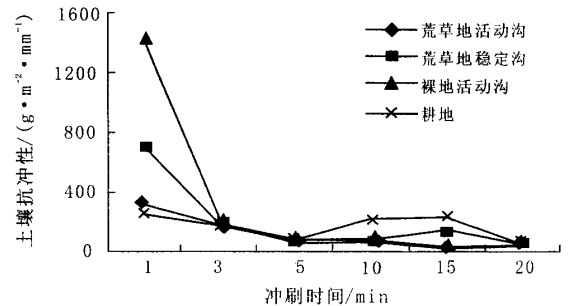


图 3 亚表层土壤抗冲性随冲刷时间的变化

表 2 亚表层土壤 5 min 时段内冲刷量与冲刷时间的回归方程

项目	荒草地活动沟	荒草地稳定沟	裸地活动沟	耕地(对照)
回归方程	$Y = 354.65t^{-1.1145}$	$Y = 705.52t^{-1.349}$	$Y = 1455.9t^{-1.9832}$	$Y = 269.28t^{-0.6838}$
R^2	0.9258	0.9994	0.995	0.8955

2.1.3 同种土地利用条件下表层土壤和亚表层土壤抗冲性比较 由图 4 可见,同种土地利用条件下除裸地外,均为表层土壤抗冲性强于亚表层土壤抗冲性(尤其在研究区短历时降雨 5 min 时段内更加明显)。而裸地的表层土壤抗冲性和表层土壤抗冲性无显著差异。

2.2 影响土壤抗冲性的主要因子

2.2.1 土壤的内在性质 不同土地利用条件下水稳性团聚体的组成变化幅度较大,从表层 > 0.25 mm 的

水稳性团聚体含量看,荒草地稳定沟(77.05%) > 荒草地活动沟(63.47%) > 裸地活动沟(51.7%) > 耕地(30.03%)。亚表层也有相同趋势,荒草地稳定沟(75.15%) > 荒草地活动沟(58.92%) > 裸地(54.4%) > 耕地(47.15%)。在表层 > 0.25 mm 的不同粒径的水稳性团聚体中,大粒径团聚体(3~5 mm, 5~10 mm, > 10 mm)含量,以荒草地稳定沟为最高(52.5%),荒草地活动沟次之(38.6%),裸地活动沟和耕地都很低(均 < 13%),亚表层也具有相同趋势,

说明粗粒径水稳性团聚体的含量对土壤抗冲性提高具有重要作用。以同种土地利用条件下表层土壤和

亚表层土壤 >0.25 mm 水稳性团聚体含量看,除耕地外,其余三者无显著差异。

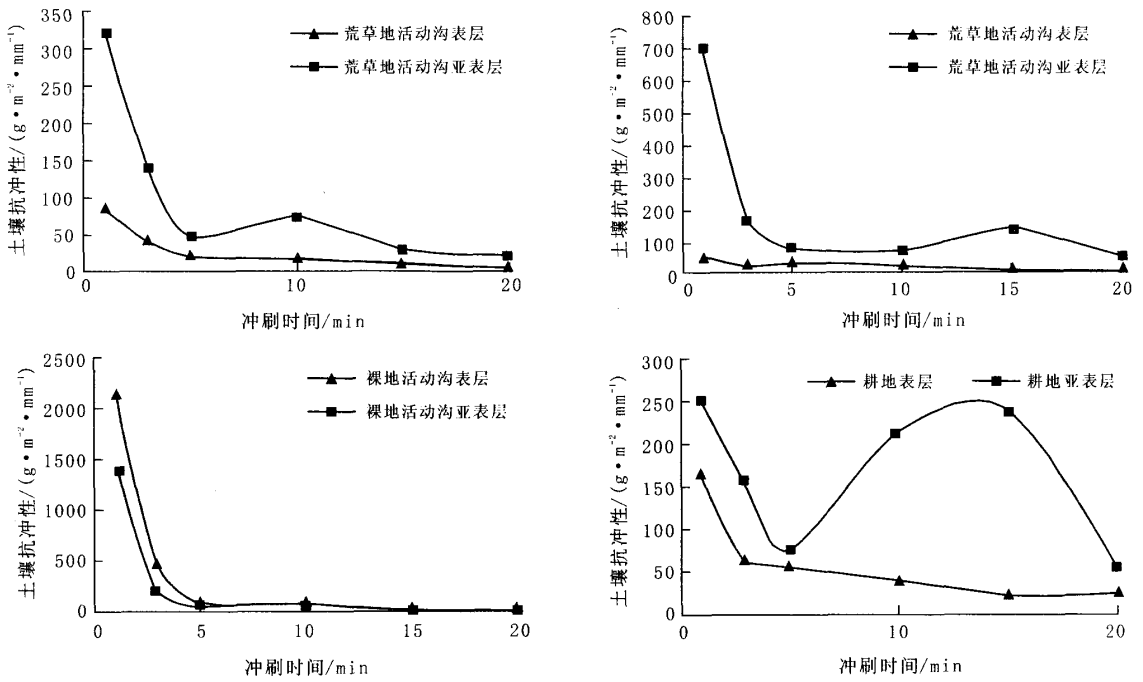


图 4 同种土地利用条件下表层土壤与亚表层土壤的抗冲性

表 3 不同土地利用类型的土壤基本性质

土地利用类型	土层深度/mm	水稳性团聚体的百分含量/%								土壤容重/ (g·cm ⁻³)	有机质 含量/ (g·kg ⁻¹)
		>10 mm	10~5 mm	5~3 mm	3~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm		
荒草地活动沟	0—20	11.86	16.71	10.08	5.28	9.19	8.45	1.89	36.53	1.39	30.50
	20—40	5.82	10.28	9.05	6.07	11.99	12.29	3.41	41.08	1.63	8.75
荒草地稳定沟	0—20	15.22	25.05	12.27	6.14	10.59	5.94	1.84	22.95	1.40	27.77
	20—40	13.85	24.10	14.48	6.08	8.68	6.04	1.92	24.85	1.60	15.16
裸地活动沟	0—20	1.44	2.57	9.43	6.48	14.00	13.82	3.96	48.31	1.46	6.21
	20—40	2.57	2.15	6.69	8.33	17.76	14.83	2.07	45.60	1.55	2.95
耕地	0—20	2.40	3.55	3.59	2.09	4.78	11.21	2.41	69.97	1.20	17.91
	20—40	3.86	6.50	4.49	2.60	6.79	20.77	2.14	52.85	1.41	6.54

表 3 表明,表层土壤容重以耕地为最低 1.2 g/cm³,荒草地活动沟和荒草地稳定沟基本相同,分别为 1.39 和 1.40 g/cm³,裸地活动沟为最高 1.46 g/cm³。耕地的亚表层土壤容重和荒草地覆盖的表层土壤容重相近,为 1.41 g/cm³,但是在土壤抗冲性上表现出显著差异,说明土壤抗冲性强弱并非与土壤容重相关。这是因为容重形成的原因不同,耕地是因为人为扰动疏松土壤,荒草地则是大量植物体和根系腐化产生丰富的有机质改善土壤结构的结果。这一点

从有机质的含量上也可以得到验证,无论是表层还是亚表层,荒草地的有机质含量均高于相对应耕地的含量,水稳性团聚体也有相同的趋势,说明土壤有机质对提高土壤结构的稳定性有明显的作用。

2.2.2 植物根系的作用 根系对土壤抗冲性的强化作用,最终应以根系的减沙效应 \int 为指标^[15]。对比裸地(无根系)和 2 个荒草覆盖冲沟的表层土壤冲刷量,可以判定根系的减沙效应。

$$\phi = \frac{\text{含根系土壤冲刷量减少值/g}}{\text{无根系土壤冲刷量/g}}$$

$\phi = 1$ 时,表明根系减沙效应最大; $0 < \phi < 1$ 时,根系有减沙效应; $\phi = 0$ 时,根系无减沙效应。

表 4 荒草地稳定沟与荒草地活动沟的根系指标对比

沟谷类型	ϕ	$R_d /$ (根·100cm ⁻²)	$R_w /$ (g·100cm ⁻³)
荒草地稳定沟	0.94	28	0.38
荒草地活动沟	0.90	14	0.08

稳定沟与活动沟的 ϕ 值分别为 0.94 和 0.90, 很接近 1。可见,根系的减沙效应是极显著的。但是,相同植被覆盖下稳定沟和活动沟的减沙效应却存在差异。稳定沟的根系密度和根量均显著高于活动沟,这是两者减沙效应差异的关键所在。根系对于土壤抗冲性的作用实质通过两方面实现:(1)对土壤结构的改善,使其入渗性增加;(2)物理的固结作用。在野外观测发现一种“盖帽”现象:在荒草地活动沟的沟头,亚表层土壤被冲刷侵蚀掏空,致使表层土壤悬空。这就是根系在表土层的固结作用结果。但是,随着“掏空”程度不断加大,“盖帽”也不断扩大,最终因为重力作用而发生块体崩塌。所以根系对土壤抗冲性的作用是相对的,只有“点”上的植被覆盖不足以防治冲刷侵蚀,必须从“面”和整个流域的角度开展生态恢复建设。

3 结 论

不论何种土地利用类型,表层土壤抗冲性均随冲刷时间的增长而增强,并且二者的关系可以用幂函数方程得到较好的拟合。亚表层土壤的抗冲性在短历时内(5 min)内也具有相同规律,并且总体趋势也是一致的。

各土地利用类型之间的抗冲性有显著差异,以土壤抗冲性指标[g/(m²·mm)]平均值来看,表层土壤抗冲性强弱表现为荒草地稳定沟(21.26) > 荒草地活动沟(30.00) > 耕地活动沟(62.87) > 裸地(457.71)。四者的均值比值为 1.0:1.4:3.0:21.5(荒草地稳定沟:荒草地活动沟:耕地:裸地活动沟),表明植被覆盖土壤有着更强的抗冲性,4 种土地利用类型的亚表层土壤的抗冲性也有相同的趋势。荒草地活动沟的根系密度与根量均显著低于荒草地稳定沟,表明二者是土壤抗冲能力的重要生物指标。植物根系有明显的减沙效应,因而具有强化土壤抗冲性的作用。土壤有机质、>0.25 mm 水稳性团聚体,尤其是粗粒径(3~5

mm, 5~10 mm, >10 mm)的水稳性团聚体含量的增加有利于提高土壤的抗冲性。

[参 考 文 献]

- [1] 张信宝,付士祥. 长江上游重点水土流失区陡坡耕地的出路[J]. 中国水土保持, 1999(9): 38—39.
- [2] 钟祥浩. 干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(3): 376—383.
- [3] 刘文耀, 刘伦辉, 盛才余. 干热退化山地不同类型侵蚀沟生物生态工程治理试验研究[J]. 云南地理环境研究, 1999, 11(1): 37—43.
- [4] 柴宗新, 范建容, 刘淑珍. 金沙江下游元谋盆地冲沟发育特征和过程分析[J]. 地理科学, 2001, 21(4): 339—343.
- [5] 邹翔, 崔鹏, 陈杰, 等. 小江流域土壤抗冲性试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 71—73.
- [6] 陈国阶. 长江上游水土流失主要成因与防治对策[J]. 农村生态环境, 2000, 16(3): 5—8.
- [7] Zhang J, Tian G, Li Y, et al. Requirements for success of reforestation projects in a semiarid low-mountain region of the Jinsha River Basin, Southwestern China [J]. Land Degradation and Development, 2002, 13(5): 395—401.
- [8] Zhang J H, Li Y, Lindstrom M J, et al. Soil water properties in a recently established forest as affected by grazing in a semiarid valley [J]. Soil Use and Management, 2000, 16: 234—235.
- [9] 李勇, 张建辉, 赵永涛, 等. 长江上游干暖河谷冲沟景观的发生和演变[J]. 世界科技与发展, 2001, 23(4): 58—62.
- [10] 侯喜禄, 白岗栓, 曹清玉. 刺槐、柠条、沙棘林土壤入渗及抗冲性对比试验[J]. 水土保持学报, 1995, 9(3): 90—95.
- [11] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 47—49.
- [12] 何雨, 贾铁飞, 李容全. 黄土丘陵区沟谷发育及其稳定性评价[J]. 干旱区地理, 1999, 22(2): 64—70.
- [13] 雷俊山, 杨勤科, 郑粉莉. 黄土坡面细沟侵蚀试验研究及土壤抗冲性评价[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 1—4.
- [14] 周佩华, 郑世清, 吴普特, 等. 黄土高原抗冲性试验研究[J]. 水土保持研究, 1997, 4(5): 47—58.
- [15] 李勇. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究[J]. 水土保持学报, 1990, 4(1): 11—16.
- [16] 郑世清, 周佩华, 周保林. 黄土高原沟壑区土壤抗冲性研究[J]. 水土保持通报, 1994, 14(1): 12—16.
- [17] 李勇. 黄土高原植物根系与土壤抗冲性[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 43—54.
- [18] 张建辉, 刘刚才, 倪师军, 等. 紫色土不同土地利用条件下的土壤抗冲性研究[J]. 中国科学(E辑 技术科学), 2003, 33(增刊): 61—68.

梭 3 类灌木的根系分布及生长特性存在较大差异,梭梭、柽柳根系较深,而沙拐枣根系分布较浅,在保证植物正常生长的情况下,梭梭、柽柳的灌溉周期可以延长 30 d 以上,而沙拐枣不宜超过 20 d,而且随时间延长,这种差异将更加显著。公路防护林生态工程采用“双支管”灌溉模式,即林带中的沙拐枣由 1 条支管供水,柽柳和梭梭由另 1 条支管供水。这种灌溉模式根据不同植物种的需水差异,通过调整灌水周期而实现差异性的按需供水,从而减少灌水管理强度、节省水资源和动力能源。

4 结 语

塔里木公路沿线自然条件恶劣并存在一定的差异性,依据地形、地貌、风况、地下水的差异,并结合塔里木公路防护林生态工程建设的需要,沿线可划分为 6 大立地类型区、21 个立地类型。根据立地条件,塔里木公路防护林生态工程的林带总体布局采取三种模式,即垄间和小沙丘分布区“两侧四带”布局模式、高大复合沙丘沙垄区“两侧两带”布局模式以及高大复合沙垄与垄间结合区“两侧三带”布局模式,林带宽度 72~78 m,防护体系宽度为 92~102 m 不等;根据树种的适应性和防护效益,防护林生态工程所选用的植物种以沙拐枣、柽柳和梭梭为主体,植物配置在阻沙林带结构采用带状混交配置,株行距分别为 1 m×2 m 和 1 m×1 m,在固沙林带结构采用行间混交,株行距 1 m×2 m。

观测表明,防护林建设后防护效益明显,除极少数的悬浮颗粒外,防沙体系外的风沙流绝大部分被拦截在防沙林带内。垄间平沙地观测结果表明^[6],当防沙林带外流动沙面 5 min 平均风速(1 m 高)为 6.6 m/s,地表 20 cm 的输沙率为 0.51 g/(min·cm)时,而在防沙林带内部,风速降至 1.5~3.3 m/s,为原始地面的 22.73%~50.00%,输沙率也降至 0.005~

0.064 g/(min·cm),仅为原始地面的 0.98%~12.55%,其中在固沙林带中部,输沙率降至最低,较对照降低了 99.02%。除强沙尘暴天气有轻微的路面积沙外,一般风沙天气基本不形成路肩、路面大量积沙和沙丘迁移上路现象,保证了公路的安全畅通。随着林龄的增加,林带的高度和植被盖度也逐渐增加,林带的防沙效益将更加明显。

塔里木公路护林生态工程拟采用就地利用地下水并相对均匀布井的供水方案,灌溉方式选用滴灌,灌溉定额为 20 L/(株·次),平均灌溉周期不宜超过 15 d,年总需水量约为 $5.50 \times 10^6 \text{ m}^3$,不足公路沿线年动态补给量的 6%。公路沿线观测并地下水位观测数据表明,与防护林建设前(2003 年 10 月)的地下水水位相比,林带建设后(2005 年 10 月)地下水水位并没有明显变化。研究表明,按照现有的防护林取水标准,防护林建设并没有对公路沿线地下水资源环境形成负面影响。

[参 考 文 献]

- [1] 雷加强,王雪芹,王德.塔里木公路风沙危害形成研究[J].干旱区研究,2003,20(1):1—6.
- [2] 中国石油天然气总公司塔里木石油勘探开发指挥部.塔里木沙漠石油公路[M].北京:石油工业出版社,1996. 535—549,612—616.
- [3] 陈广庭,冯起,等.塔里木盆地沙漠石油公路沿线风沙环境的形成与演变[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [4] 徐新文,李丙文,周智彬,等.塔中沙漠基地路生物防沙技术示范[J].土壤通报,2001,32(专):112—114.
- [5] LEI Jia-qiang, WANG Xue-qin, WANG De, et al. The blown sand disaster to the Tarim Desert Highway in Xinjiang, China[J]. Science in China (Series D), 2002, 45: 165—173.
- [6] 李生宇.塔里木沙漠公路的风沙环境效应研究[D].中国科学院地理科学与资源研究所,2005.52.
- [19] Zhang J H, Liu G C, Ni S J, et al. Anti-scourability of purple soil on hillslopes with different land uses[J]. Sciences in China Ser E, 2003,46(Supp.):133—141.
- [20] 杨文元,张奇,张建华,等.紫色丘陵区土壤抗冲性研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(2):22—28.
- [21] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.132—517.
- [22] Zhang J H, Frielinghaus M, Tian G, et al. Ridge and contour tillage effects on soil erosion from steep hillslope in the Sichuan Basin, China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004,59:277—284.
- [23] Zhang J H, Lobb D A, Li Y, et al. Assessment for tillage trans location and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China[J]. Soil Tillage and Research, 2004,75:99—107.

(上接第 30 页)